

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 75 (1977)

Heft: 9

Artikel: Fernerkundung in der Schweiz

Autor: Kölbl, O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-228772>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Fernerkundung in der Schweiz

O. Kölbl

Résumé

Cet article résulte d'une étude faite par un groupe interdépartemental coordonnant les recherches et les activités en télédétection. Il donne une vue d'ensemble des principaux travaux effectués en Suisse dans ce domaine. On constate que la photographie aérienne demeure l'accessoire le plus efficace des levés topographiques et thématiques (tels ceux concernant l'économie forestière, la pédologie, la phytosociologie, la glaciologie, la végétation des rives, etc.). Des dispositifs électroniques tels que le détecteur multispectral, le détecteur thermique, ou d'autres employant des microondes permettent bien des enregistrements hors de portée de la photographie. Mais dans la plupart des cas ces enregistrements n'informent qu'indirectement, eux aussi, sur l'objet même de l'investigation (exemple: les formations géologiques). Il se pose des problèmes méthodiques lors de l'élaboration des prises de vue à partir des enregistrements électroniques. De tels appareils et les méthodes de dépouillement de l'information sont étudiés dans différents projets de recherches. On aborde finalement dans cette contribution les problèmes d'organisation.

1. Einleitung

Unter diesem Titel wurde von der «Arbeitsgruppe Methoden» der interdepartementellen «Koordinationsgruppe Fernerkundung» ein Katalog zusammengestellt, der die wichtigsten praktischen Arbeiten und die Forschungsprojekte der Schweiz auf diesem Gebiet enthält (Interessenten können diesen Katalog von der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 8903 Birmensdorf, beziehen). Der Katalog beruht auf einer Umfrage bei den Dienststellen des Bundes und verschiedenen anderen Institutionen. Ausgehend von dieser Erhebung wird im folgenden versucht, eine Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Fernerkundung aus schweizerischer Sicht zu geben und erkennbare Entwicklungstendenzen aufzuzeigen. Es soll dabei vermieden werden, die technischen Möglichkeiten zu überschätzen. Es ist aber nötig, sich mit den neuen Erdkundungsverfahren auseinanderzusetzen und deren Bedeutung im Vergleich zu den Möglichkeiten der Luftbildinterpretation oder auch im Vergleich zu terrestrischen Erhebungen abzuschätzen.

Ein grosser Teil der modernen elektronischen Aufnahmegeräte basiert auf militärischen Entwicklungen, die nach einer Periode der Geheimhaltung nun auch für zivile Aufgaben zugänglich sind; ähnlich verhält es sich mit den Satelliten als Aufnahmeplattform. Es versteht sich von selbst, dass Geräte, die für die militärische Aufklärung entwickelt wurden, nicht unbedingt für Aufgaben der Geowissenschaften brauchbar sind. Gegenwärtig steht zwar eine grosse Anzahl verschiedenster Aufnahmemöglichkeiten zur Verfügung, dagegen fehlt es noch vielfach an Verfahren für die Informationsauswertung. Die Integrierung dieser spezifischen Erhebungen in bestehende Informationssysteme oder der Aufbau

zweckentsprechender neuer Dateien sowie deren Nutzbarmachung für die Landesplanung oder ähnliches konnte noch nicht in Angriff genommen werden (vgl. auch 1, 2, 3).

Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst eine Definition des Begriffs «Fernerkundung» gegeben, anschliessend werden die wichtigsten elektronischen Registriergeräte kurz besprochen und der gegenwärtige Entwicklungsstand aufgezeigt. Ausgehend von der bereits erwähnten Umfrage wird in den Kapiteln 4 und 5 eine Übersicht über die wichtigsten praktischen Anwendungsbereiche der Fernerkundung und die diesbezüglichen Forschungsprojekte gegeben. In den letzten beiden Abschnitten wird schliesslich auf die Organisation der Forschungstätigkeit in der Schweiz und im übrigen Europa hingewiesen und versucht, Folgerungen für die weitere Arbeit auf dem Gebiet der Fernerkundung zu ziehen.

2. Begriffserklärung

Unter dem Ausdruck Fernerkundung (engl. remote sensing, franz. télédétection) werden Methoden der Aufnahme- und der damit verbundenen Auswertetechnik verstanden, die eine Erfassung der Umwelt ohne direkten Kontakt vorwiegend von Flugkörpern aus (Flugzeugen, Ballonen, Raketen, Satelliten) erlauben. Wichtigste Hilfsmittel der Fernerkundung sind nach wie vor die verschiedensten Luftbildkamern und Photoapparate. Diese photographischen Aufnahmeverfahren werden durch elektronische Aufnahme- und Registriergeräte ergänzt, die auch eine Erfassung der elektromagnetischen Strahlung ausserhalb des sichtbaren Wellenbereiches ermöglichen (z. B. Radar, Thermalaufnahmegeräte usw.). Die Fernerkundung sollte nicht als eigenständige Wissenschaft aufgefasst werden, sondern ist als Hilfsmittel der Regional- und Landesplanung sowie der Erdwissenschaften (wie Bodenkunde, Geologie, Lagerstättenforschung, Geographie, Landesvermessung, Erfassung von Umweltverschmutzungen – im Wasser und in der Atmosphäre –, Meteorologie) zu betrachten. Die Aufnahmemethoden können daher nur so lange von Interesse sein, als dadurch dem Erdwissenschaftler und Planer neue Information zur Verfügung gestellt wird, die nicht bereits gegeben oder durch zweckmässiger Verfahren erhalten werden kann.

3. Einsatzmöglichkeiten elektronischer Registriergeräte

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Registriergeräte aufgezählt und die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten erwähnt. (Für detailliertere Studien sei auf einige neuere Lehrbücher verwiesen, vgl. 4, 5, 6). Diese Übersicht sollte den übergeordneten Rahmen für die weiter hinten besprochenen Forschungsprojekte aufzeigen. Ein solcher Abschnitt schien angebracht, da sich viele Forschungsprojekte zwangsläufig mit sehr eng begrenzten Teilaspekten befassen und es einem Ausstehenden oft schwerfällt, die Notwendigkeit für die eine oder andere Arbeit, abgesehen vom akademischen Interesse, zu sehen.

Die bedeutendsten elektronischen Aufnahmegeräte sind der Multispektralscanner, der Thermalscanner und das Seitensichtradar (engl. side looking radar). Neben die-

sen Aufnahmegeräten für allgemeine Aufgaben wurde noch eine Reihe von Spezialgeräten entwickelt, etwa für die Luftanalyse, für magnetometrische Aufzeichnungen oder für topographische Messungen.

Der *Multispektralscanner* erfüllt weitgehend die Funktion einer photographischen Aufnahmekammer; anstelle des photographischen Films werden jedoch elektronische Aufzeichnungsvorrichtungen verwendet. Die aufgezeichnete Bildinformation kann daher auch per Funk übermittelt werden. Diese Multispektralscanner wurden vor allem im Hinblick auf den Einsatz in Erdsatelliten und Weltraumsonden entwickelt. Wegen der extremen Flughöhen dieser Flugkörper (im Minimum etwa 200 Kilometer bei erdnahen Satelliten und bis zu 30 000 Kilometern bei geostationären Satelliten) ist das Auflösungsvermögen derartiger Aufnahmen zwangsläufig stark begrenzt; man wollte daher den Informationsinhalt durch die Verwendung einer grösseren Anzahl von Spektralbereichen steigern. Dabei begnügte man sich nicht nur mit drei Spektralbereichen wie beim «Farbbild», sondern es wurden Scanner mit 11 und 24 verschiedenen Aufnahmekanälen gebaut. Die Empfindlichkeit reicht dabei vom ultravioletten über den sichtbaren Spektralbereich bis hin zum thermalen Bereich mit Wellenlängen von 8–15 μm .

Die grosse Zahl von Spektralkanälen und die Hinzunahme von Registrierungen im kurzwelligen und thermalen Infrarot ermöglichte eine Automatisierung der Informationsauswertung. Beispielsweise ist es gelungen, mit solchen Multispektralaufnahmen vollautomatisch einfache Landnutzungskartierungen auszuführen.* Bei diesen Kartierarbeiten wird nur die spektrale Remission berücksichtigt, die Gestalt oder die Form von Objekten, wie z. B. Anbaustreifen, kann in die Beurteilung im allgemeinen nicht einbezogen werden. Für die Auswertung der Aufnahmedaten und für die Bildverarbeitung sind spezielle Bildverarbeitungssysteme mit leistungsfähigen Prozessrechnern unerlässlich. Das menschliche Auge wäre nur in der Lage, maximal drei Spektralbereiche gleichzeitig zu verarbeiten, da es bekanntlich nur drei Grundfarben wahrnehmen kann. Falls mehr Spektralkanäle in den Entscheidungsprozess einbezogen werden sollen, muss die Information umgestaltet und reduziert oder die Verarbeitung vollkommen einer Maschine überlassen werden. Bei der Auswertung von Multispektralaufnahmen ist man daher weitgehend auf Hilfsmittel der elektronischen Datenverarbeitung angewiesen. Bei diesen Systemen handelt es sich um kostenintensive Geräte; eine wirtschaftliche Verwendung dieser Interpretationsverfahren ist folglich nur bei einer entsprechend hohen Ausnutzungsziffer zu erwarten. Kleinen Firmen oder Institutionen wird es kaum möglich sein, derartige Geräte anzuschaffen; vielmehr dürfte die Datenverarbeitung grossen Institutionen und Datenverarbeitungszentren vorbehalten sein. Obwohl Multispektralscanner auch von Flugzeugen aus verwendet werden, ist eine ausgedehnte Verwendung – abgesehen von Projekten zur Grundlagenforschung – wegen den gegenwärtigen hohen Kostenansätzen zunächst kaum zu erwarten.

* Vgl. Land Use in Northeast China 1973, A view from Landsat, hergestellt von R. Welch, C. W. Pannell und C. P. Lo, University of Georgia.

Multispektralaufnahmen von Satelliten sind wegen der besseren Geräteauslastung beträchtlich kostengünstiger und sollten neben Übersichtsstudien, vor allem zum Studium rasch veränderlicher Phänomene, wie z. B. der Schneebedeckung oder der Vegetationserscheinung im Wechsel der Jahreszeiten, auch operationell in Frage kommen. Für Detailstudien wären aber in noch stärkerem Masse als bisher konventionelle Luftbilder in mittleren und grossen Massstäben erforderlich (vgl. 3).

Die Bildaufzeichnung eines Multispektralscanners im sichtbaren Bereich oder im nahen Infrarot entspricht weitgehend der Aufnahmemöglichkeit photographischer Geräte; Aufnahmen im Thermalbereich sind dagegen nur mit elektronischen Registriergeräten möglich (Thermalscanner oder einzelne Kanäle von Multispektralscannern). Solche Thermalaufnahmen werden zum Teil bereits routinemässig zur Analyse der Wärmebelastung von Gewässern herangezogen (vgl. 7, 8); vereinzelt wurden Wärmebilder auch für klimatische Studien verwendet (vgl. 9, 10).

Neben Aufnahmegeräten für den sichtbaren und infraroten Bereich werden für die militärische Aufklärung schon seit längerem *Geräte für den Mikrowellenbereich* ($\lambda = 5 \text{ mm bis } 10 \text{ cm}$) eingesetzt. Genauso wie im sichtbaren Teil des Spektrums wird auch im Mikrowellenbereich zumindest teilweise mit «passiven Geräten» gearbeitet, wesentlich grössere Bedeutung erlangten aber «aktive Sensoren». Bekanntester Vertreter dieser Gerätegruppe ist das *Radar*. Hierbei wird vom Gerät ein Impuls ausgesendet und das vom Objekt reflektierte Signal zur Messung verwendet; bei passiven Geräten wird dagegen die vom Objekt selbst ausgesandte Strahlung (z. B. natürliche Radioaktivität) oder die vom Objekt reflektierte Sonnenenergie aufgezeichnet. Für Aufgaben der Fernerkundung wird vorwiegend mit dem Seitensichtradar (engl. side looking radar) gearbeitet. Die Aufnahmen erfolgen dabei einseitig zur Fluglinie in einem Winkel von 20° bis 70° . Dieser grosse seitliche Öffnungswinkel ist bei Flugaufnahmen erforderlich, um eine wirkungsvolle Flächendeckung zu erzielen; allerdings muss in der Randzone des Aufnahmestreifens mit beträchtlichen Abschattungen und Bildfehlern gerechnet werden.

Das Auflösungsvermögen von Radarbildern hängt ganz wesentlich von der Antennenlänge ab. Durch spezielle elektronische Schaltungen lässt sich diese Antennenlänge durch die Einbeziehung der Vorwärtsbewegung des Flugzeuges künstlich verlängern (synthetic aperture radar). Trotzdem bleibt das Auflösungsvermögen von Mikrowellengeräten beträchtlich unter demjenigen von konventionellen Luftbildkamern. Gegenwärtig wird für Radaraufnahmen im zivilen Bereich mit einem erreichbaren Auflösungsvermögen von etwa 10 m gerechnet; die erreichbare Lagegenauigkeit liegt in der Größenordnung von einigen 100 m.

Besonderer Vorteil von Mikrowellen ist die Durchdringung der Wolkendecke. Diese Aufnahmegeräte können daher auch bei bedecktem Himmel für verschiedene Erderkundungsaufgaben eingesetzt werden. Wichtigster Anwendungsbereich des Seitensichtradars ist gegenwärtig die topographische Kartierung von Gebieten, die fast

dauernd unter einer Wolkendecke liegen (vgl. 11). So konnten beispielsweise Kolumbien und ein grosser Teil Brasiliens innerhalb einer Periode von etwas mehr als einem Jahr mit «Photokarten» im Massstab 1:250 000 gedeckt werden. Diese Leistung wäre wegen den ungünstigen Wetterbedingungen mit konventionellen Luftbildern nicht möglich gewesen. Gelegentlich wurde auch versucht, grössere Kartenmassstäbe mit Mikrowellenaufnahmen zu erreichen, allerdings genügt dafür weder das Auflösungsvermögen noch lässt sich eine sinnvolle Lage- und Höhengenaugigkeit erreichen.

Besonderheiten der elektromagnetischen Strahlung im Millimeter- und Zentimeterbereich erlauben zum Teil zusätzliche Rückschlüsse auf die Bodenbedeckung und die oberflächennahen Schichten des Bodens, die mit Aufnahmen im sichtbaren und thermalen Bereich nicht direkt zu erzielen sind. Dies betrifft insbesondere die Bodenfeuchtigkeit oder den Wassergehalt des Schnees. Für derartige Aufgaben wird vorwiegend mit passiven Mikrowellengeräten gearbeitet (vgl. 5).

Neben Mikrowellengeräten und Multispektralscannern wurde in der letzten Zeit noch eine grosse Anzahl von *Spezialgeräten* entwickelt, die für besondere Messungen eingesetzt werden können. Erwähnenswert ist hier u. a. das «Laseraltimeter», welches für die Landesvermessung entwickelt wurde und sehr genaue Profilmessungen längs der Fluglinie erlaubt. Dieses Gerät wird vielfach für die Wellenbeobachtung grosser Wasserflächen verwendet.

Die bisher genannten Geräte erlauben im Prinzip nur Aufzeichnungen des natürlichen Erscheinungsbildes der Erdoberfläche (Vegetation, Bodenbedeckung, Morphologie); aus diesem Erscheinungsbild kann in beschränktem Umfang auf den anstehenden Boden und zum Teil auch auf geologische Formationen geschlossen werden. Um Auskunft über tiefer liegende Schichten zu erhalten, werden für die Lagerstättenforschung zusätzlich magnetische und elektromagnetische Messungen sowie Messungen der natürlichen Radioaktivität von Flugzeugen aus unternommen. Sehr intensiv wurde mit solchen Geräten bei der Suche nach Erdöl über der Nordsee gearbeitet. Analoge Arbeiten führt gegenwärtig der Geologische Dienst von Finnland aus. Für die geologische Kartierung und die Lagerstättenforschung werden über das ganze Land magnetometrische Profilmessungen in Abständen von 200 m ausgeführt.

Einen weiteren wichtigen Arbeitszweig, insbesondere für Aufgaben des Umweltschutzes, stellen atmosphärische Untersuchungen und Analysen von Luftverunreinigungen dar. Die bisher besprochenen Geräte sind dafür nur beschränkt geeignet. Mit Thermalscannern und Multispektralscannern lassen sich in begrenztem Umfang Luftströmungen unterschiedlicher Temperatur erfassen. Diese Messungen sind allerdings nur für die bodennahen Luftschichten möglich. Durch Thermalaufnahmen vom Flugzeug aus wird primär die Oberflächentemperatur des Bodens ermittelt. Diese entspricht weitgehend der Temperatur der bodennahen Luftschichten; Temperaturen in höheren Bereichen werden dadurch nicht erfasst. Mikrowellengeräte können zum Nachweis einzelner Gase geringer Konzentration in der Atmosphäre verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Frequenz des

Gerätes mit einem der Absorptionsbanden des betreffenden Gases übereinstimmt. Die Ergebnisse sind jedoch relativ unsicher, wenn nur mit einem Kanal gearbeitet wird; zudem können die Resultate stark verfälscht werden, falls die Messungen gegen die Erdoberfläche hin erfolgen, da sich das Messsignal mit Signalen der Erdoberfläche vermischt. Gegenwärtig wird in verschiedenen Forschungslabors an speziellen Aufnahmegeräten für atmosphärische Untersuchungen gearbeitet. Wesentlich bei diesen Geräten ist, dass neben der Grösse des Signals in verschiedenen Spektralbereichen auch die Entfernung zum Remissionsbereich gemessen wird. Diese Geräte arbeiten im sichtbaren und infraroten Bereich, zum Teil mit abstimmbaren Lasern (LIDAR), sowie im Mikrowellenbereich. Damit können Gaskonzentrationen und der Anteil von Spurenelementen in ihrer räumlichen Verteilung ermittelt werden.

Die Phase der Geräteentwicklungen ist noch keinesfalls abgeschlossen, und es darf in nächster Zeit mit einer Reihe von interessanten Neuentwicklungen gerechnet werden. Offen bleibt aber die Frage, ob derartige hochentwickelte Spezialgeräte mit kostspieligen Auswertesystemen in absehbarer Zeit auch wirtschaftlich eingesetzt werden können.

4. Routinemässige Arbeiten in der Schweiz

Für routinemässige Arbeiten, wie Aufgaben der Landesvermessung, der Forstwirtschaft oder der Bodenkartierung, werden in der Schweiz praktisch ausschliesslich konventionelle Luftbilder verwendet. Spezielle Aufnahmegeräte wie Multispektralscanner wurden bisher nur für Forschungsprojekte eingesetzt. Für Routinearbeiten stehen primär die Luftbilder der Landesbefliegung zur Verfügung. Es handelt sich dabei um Schwarzweissaufnahmen ungefähr im Massstab 1:25 000. Die Bilder werden von der Eidg. Landestopographie für die Fortführung der topographischen Karte 1:25 000 erstellt. Der Bildmassstab ist relativ klein; für ähnliche Aufgaben der topographischen Kartierung werden beispielsweise in Deutschland Aufnahmen im Massstab 1:12 500 erstellt. Die Bilder der Landesbefliegung werden trotz des kleinen Massstabs für die verschiedensten Aufgaben der Landesplanung und der thematischen Kartierung verwendet und haben sich für diese Aufgaben sehr bewährt. Die bereits erwähnte Umfrage ergab folgende Hauptanwendungsbereiche:

4.1 Gesamtschweizerische Projekte

4.1.1 Bodenkartierung der Schweiz im Massstab 1 : 200 000

Dieses Kartenwerk wird an der Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, ausgearbeitet. Die Luftbilder werden vor allem für eine vorangehende morphologische Kartierung des aufzunehmenden Geländes verwendet. Anhand dieser Luftbildinterpretation werden in der Folge Positionen für bodenkundliche Untersuchungen im Gelände ausgewählt; zudem wird durch die Luftbildinterpretation im grossen und ganzen das Lineament für die Abgrenzung der Bodenformationen erhalten.

4.1.2 Gefahrenkarte der Schweiz im Massstab 1 : 100 000 (publiziert 1977)

Das Eidg. Oberforstinspektorat bearbeitete eine Übersicht über die Naturgefahren; dies im Zusammenhang mit dem «Bundesbeschluss über dringliche Massnahmen auf dem Gebiete der Raumordnung». Grundlage für diese Karte bildeten Kartierungen der einzelnen Kantone in grösseren Massstäben. Die Luftbilder wurden hierfür vor allem für Ergänzungen und zusätzliche Erhebungen neben den genannten Kartenunterlagen verwendet.

4.1.3 Pflanzensoziologische Kartierung im Massstab 1 : 200 000

Diese Arbeit führt die Pflanzegeographische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft aus und soll eine Übersicht über den Naturschutzwert der Landschaft liefern. Aufzunehmende Objekte sind die verschiedenen Pflanzengesellschaften. Die Kartierung erfolgt weitgehend mit Luftbildern. Zunächst wurden im Gelände einige wenige Testgebiete ausgewählt und pflanzensoziologische Aufnahmen ausgeführt. Diese Erhebungen dienen zur Ausarbeitung eines Luftbild-Interpretationsschlüssels für das gesamte Bundesgebiet. Soweit wie möglich werden auch bereits vorhandene Kartenunterlagen in die Kartierung mit einbezogen.

4.1.4 Landesforstinventar

Für das geplante Landesforstinventar ist die Verwendung von Luftbildern für die Abgrenzung und die Unterscheidung der Waldbestände vorgesehen. Ferner wird gegenwärtig abgeklärt, ob für die Vorraterhebung oder für weitere Bestandesmerkmale ebenfalls Luftbilder eingesetzt werden können. Die Vorarbeiten werden an der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen ausgeführt.

Bei den bisher zitierten Arbeiten handelt es sich um Projekte, welche die ganze Schweiz betreffen. Neben derartig umfassenden Aufgaben werden die Luftbilder der Landestopographie auch für verschiedene räumlich begrenzte Aufgaben eingesetzt.

4.2 Regionale Arbeiten

4.2.1 Forstliche Bestandeskartierungen

Hierfür werden die einzelnen Waldbestände in den Luftbildern abgegrenzt und teilweise auch klassifiziert. Anschliessend wird das Lineament teilweise mit Stereokartiergeräten, zum Teil auch mit recht einfachen Geräten wie Luftbildumzeichner oder Optiskop in Karten übertragen; als Basis für die Einpassung der Luftbilder dient im allgemeinen der Übersichtsplan. Diese Arbeiten werden an den kantonalen Forstämtern oder von forstlichen Ingenieurbüros ausgeführt. Die Bestandeskarten sind ein wichtiger Teil für die Planung und Kontrolle im Forstbetrieb und werden regelmässig für etwa 70 % aller öffentlichen Waldungen erstellt.

4.2.2 Hydrologische Kartierung von Gerinnen für die Planung der Wildbachverbauung sowie Risikokartierung und Analyse von Rutschungen

Diese Kartierarbeiten erfolgen u. a. an der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Bei der Analyse von Rutschungen bietet der Vergleich von Luftbildern neuesten Datums mit Aufnahmen, die vor zehn oder mehr

Jahren erstellt wurden, besondere Aufschlussmöglichkeiten.

4.2.3 Verkehrsanalyse

Für die Planung des Nationalstrassennetzes und für die Beurteilung von Gesuchen für Seilbahnen und Lifte wird beim Delegierten für Raumplanung routinemässig mit Luftbildern der Landestopographie gearbeitet.

Im allgemeinen genügen für diese zitierten Arbeiten die routinemässig erstellten Aufnahmen der Landestopographie im Massstab 1:25 000. Für eine Reihe von Aufgaben werden jedoch Spezialbefliegungen, zum Teil auch Farbaufnahmen, benötigt. Die entsprechenden Bildflüge werden u. a. von der Vermessungsdirektion, der Dienststelle für Luftaufklärung sowie der Swissair Photo und Vermessungen AG ausgeführt.

4.3 Kartierarbeiten mit Sonderbefliegungen

4.3.1 Grundbuchvermessung, Herstellung von grossmassstäbigen Karten und Plänen

Mit dieser Aufgabe befassen sich vorwiegend die Grundbuchgeometer sowie eine Reihe von Ingenieurbüros. Für die Grundbuchvermessung mit ihren hohen Genauigkeitsansprüchen werden Bildmassstäbe bis zu 1:3000 verwendet; die dabei erreichte Punktlagegenauigkeit beträgt wenige Zentimeter. Für die Projektierung der Nationalstrassen wurden die Planunterlagen fast ausschliesslich mit Luftbildern erstellt.

4.3.2 Gletscherinventar

(Bildmassstab 1 : 8000 bis 1 : 24 000)

Damit befasst sich das Geographische Institut der ETH Zürich. Die Inventur soll Grundlagen liefern, um die Aufstellung von Beziehungen zwischen Klimaschwankungen und dem Rückgang bzw. Zuwachs von Gletschern zu ermöglichen. Für das Gletscherinventar wurde eine spezielle Befliegung in den Jahren 1972 bis 1973 ausgeführt. Die Arbeiten konnten 1976 publiziert werden.

4.3.3 Kartierung der Ufervegetation des Bodensees

Für diese Aufgabe werden Falschfarbenbilder im Massstab 1:5000 verwendet. Die Arbeiten dienen vor allem zur Überwachung der Ufervegetation im Zusammenhang mit der zunehmenden Nährstoffanreicherung und der Verschmutzung des Seebeckens.

4.3.4 Obstbaumzählung des Eidg. Statistischen Amtes

In Regionen mit Intensivobstbau werden dazu fallweise Luftbilder im Massstab 1:2500 erstellt.

Die Aufzählung ist keineswegs vollständig, und es wurde lediglich versucht, die wichtigsten Projekte aufzuführen. Abgesehen von kartographischen Kartierungen und Präzisionsmessungen in Luftbildern werden für die angeführten Aufgaben keine besonders teuren Geräte benötigt. In der Hauptsache genügen für diese Arbeiten Interpretationsgeräte (u. a. Stereoskope) und Luftbildumzeichner. Die Bildauswertung kann dabei dezentralisiert in den zuständigen Dienststellen erfolgen. Die Technik der Luftbildauswertung ist recht einfach und kann innerhalb relativ kurzer Zeit erarbeitet werden; wesentlich wichtiger ist das Sachwissen über das Anwendungsgebiet. Beispielsweise kann eine geologische Kartierung

nur ein erfahrener Geologe ausführen. Es ist nicht zu erwarten, dass derartige komplexe Aufgaben in absehbarer Zeit von Maschinen übernommen werden können. Bei allen zitierten Anwendungsbereichen der Fernerkundung wird ausschliesslich mit Luftbildern gearbeitet, und es kommen nur die klassischen Methoden der Photointerpretation zur Anwendung. Lediglich für die Wettervorhersage werden in der Schweiz regelmässig *Scanneraufnahmen* der NOAA-Wettersatelliten verwendet. Die Bilder werden durch spezielle Empfangsanlagen zweimal täglich registriert; die Auswertung der Bilder und die Einbeziehung in die Wettervorhersage erfolgen wieder visuell durch den Meteorologen. Hierbei handelt es sich wohl um den wichtigsten operationellen Anwendungsbereich von Scanneraufnahmen für zivile Aufgaben.

5. Forschungsprojekte

Im Gegensatz zur Praxis befassen sich verschiedene Forschungsgruppen auch mit elektronischen Aufnahmeverfahren und maschinellen Methoden zur Verarbeitung der Bildinformation. Breiten Raum nimmt aber nach wie vor die Forschung mit konventionellen Verfahren der Luftbildauswertung ein. Für den nachfolgenden Überblick wurde eine Unterteilung der Projekte entsprechend dem verwendeten Aufnahmematerial vorgenommen:

1. Photographische Aufnahmen
2. Thermalaufnahmen
3. Aufnahmen mit Multispektralscannern und anderen elektronischen Registrierverfahren

Die erste Gruppe beinhaltet Arbeiten, die sich vorwiegend mit den klassischen Methoden der Photointerpretation befassen. Zur Unterstützung der Informationsverarbeitung und zur Aufbereitung der Bilder werden gelegentlich auch Methoden der elektronischen Datenverarbeitung verwendet. Viele dieser Arbeiten entstehen in engem Kontakt mit den effektiven praktischen Bedürfnissen, und es ist abzusehen, dass die erarbeiteten Methoden der Bildinterpretation relativ rasch in die Praxis eingeführt werden können.

In der zweiten Gruppe werden Forschungsprojekte zusammengefasst, bei denen die Aufnahmen mit elektronischen Registriermethoden erfolgen und bei denen die Datenaufbereitung und Auswertung so weit fortgeschritten sind, dass diese Verfahren in absehbarer Zeit für routinemässige praktische Arbeiten eingesetzt werden können. In diese Gruppe fallen die Arbeiten mit den Thermalscannern.

Bei der dritten Gruppe der Forschungsprojekte lässt sich gegenwärtig noch schwer abschätzen, wann eine Verwendung dieser Verfahren für routinemässige Erhebungen in der Schweiz möglich sein wird. Zu dieser Gruppe sind die Aufnahmen mit Multispektralscannern, Mikrowellengeräten sowie die damit verbundenen Methoden der automatischen Bildverarbeitung zu zählen (vgl. auch 1, 2, 3, 12, 13). Es versteht sich von selbst, dass derartige Aussagen über die zukünftige Verwendungsmöglichkeit der verschiedenen Aufnahmeverfahren mit einer grossen Unsicherheit behaftet sind; ein solches Vorgehen

sollte aber die weitere Diskussion über den Einsatz der Methoden der Fernerkundung befruchten und auch einem Aussenstehenden eine gewisse Wertung erlauben.

5.1 Interpretation und Auswertung photographischer Aufnahmen

Bei den Projekten dieser Gruppe handelt es sich vorwiegend um ergänzende Untersuchungen für praxisorientierte Aufgaben. Die Methoden der Bildauswertung sind grösstenteils Allgemeingut. Es kommen jedoch die Methoden der elektronischen Datenverarbeitung als Hilfsmittel hinzu; diese Geräte werden indessen im allgemeinen nur als Peripheriegeräte eingesetzt. Eine Ausnahme bildet die Verwendung des «Quantimets». Dabei handelt es sich um ein Gerät, bei dem Luftbilder nach dem Fernsehprinzip abgetastet werden können und einfache Manipulationen der Bildinformation (z. B. Flächenermittlung von Zonen mit einheitlichem Grauwert) möglich sind. (Es gibt noch zahlreiche andere Geräte auf dem Markt, die für derartige Aufgaben eingesetzt werden können; soweit bekannt, steht aber in der Schweiz für die Luftbildauswertung nur dieses Gerät zur Verfügung.) Auf diese Weise könnten u. U. die Flächen von schneebedeckten Gebieten relativ rasch ermittelt und planimetriert werden. Das Gerät ist fix programmiert, weist aber nur eine geringe Flexibilität auf.

Im einzelnen sei an dieser Stelle auf folgende Projekte verwiesen: Schneekartierung des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung; hydrologische Kartierungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie; hydrologische, ökologische und klimatologische Kartierungen der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen sowie Arbeiten zur Weiterentwicklung der Bestandeskartierung für die Planung der Waldbehandlung. Ferner wären verschiedene vegetationskundliche Kartierungen im städtischen und ländlichen Raum sowie verkehrskundliche Untersuchungen der Geographischen Institute der Universitäten Zürich und Bern zu nennen. Mit Problemen der Landesvermessung und der Erstellung eines digitalen Geländemodells befassen sich unter anderen die Eidg. Landestopographie in Zusammenarbeit mit der Gruppe für Rüstungsdienste, die Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich und das Geophysikalische Institut der Universität Lausanne.

5.2 Thermalaufnahmen

Die klassischen Methoden der Luftbildinterpretation beschränken sich auf photographisch aufgenommene Bilder. Die Empfindlichkeit von photographischem Material reicht vom ultravioletten Licht über den sichtbaren Bereich bis zum nahen Infrarot. Für Aufnahmen im thermischen Bereich ($\lambda = 8-14 \mu\text{m}$ vorwiegend) sind spezielle elektronische Registriergeräte erforderlich; in der Schweiz verfügen zwei Institutionen über derartige Geräte, nämlich die Swissair Photo und Vermessungen AG über den Bendix-Multispektralscanner M²S mit einem Kanal im thermischen Bereich, und das Kommando für Luftaufklärung über einen Infrarot Line Scanner (letzterer bietet allerdings keine Kalibrierungsmöglichkeiten).

Mit Erfolg wurden Thermalaufnahmen u. a. für Gewässeranalysen und die Erfassung von Gewässerverschmutzungen verwendet. Auf diese Weise kann die Durchmischung bei Auslässen von Industrieanlagen mit dem Fluss- bzw. Seewasser analysiert werden. Die Aufnahmen erlauben eine flächenhafte Erfassung des augenblicklichen Zustandes der Gewässeroberfläche; zusätzliche örtliche Erhebungen mit Analysen der Wasserqualität und der Temperatur vermitteln schliesslich ein Bild über den Zustand des Gewässers. Mit diesen Problemen befasste sich u. a. das Geographische Institut der Universität Zürich (vgl. 8).

Analoge Untersuchungen wurden mit wechselndem Erfolg auch bei klimatologischen Problemen ausgeführt. Dies betrifft beispielsweise das Studium von Kälteseen oder die Analyse von Kaltluftströmen in dicht besiedelten Gebieten (vgl. 14). In der Schweiz werden klimakundliche Untersuchungen, basierend auf Scanneraufnahmen von Flugzeugen und Satelliten, u. a. vom Geographischen Institut der Universität Bern ausgeführt.

5.3 Aufnahmen mit Multispektralscannern und anderen elektronischen Registrierverfahren

Die Anwendung dieser Aufnahmeverfahren für die Fernerkundung wurde durch den Start des Erderkundungssatelliten «Landsat» forciert. In zunehmendem Masse werden nun die elektronischen Registriergeräte auch von Flugzeugen aus eingesetzt. In der Schweiz wird gegenwärtig schwerpunktmässig an Auswerteverfahren von Multispektraldaten gearbeitet (Forschungsprojekt des Photographischen Instituts der ETH Zürich und der Geographischen Institute der Universität und der ETH Zürich). Besondere Aufwendungen ergeben sich bei der Auswertung von Scannerdaten primär bereits durch die grosse Anzahl von Aufnahmekanälen. Visuell lässt sich die Bildinformation nur auszugsweise erfassen, umgekehrt kann aber auf den menschlichen Auswerter bei der Bildanalyse im allgemeinen nicht verzichtet werden. Zurzeit sind daher verschiedene Verfahren in Arbeit, um eine sinnvolle Kombinationsmöglichkeit zwischen der maschinellen Datenaufbereitung und der visuellen Verarbeitung zu finden. Anwendungsmässig stehen dabei Schnee- und Landnutzungskartierungen sowie hydrologische und bodenkundliche Untersuchungen (letztere sind Forschungsprojekte des Institut de génie rural EPF Lausanne und der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich) im Vordergrund.

Eine weitere Studiengruppe befasst sich mit der Konstruktion und der Anwendung passiver Mikrowellengeräte (Forschungsprojekt des Physikalischen Instituts der Universität Bern). Dabei handelt es sich in der Hauptsache um Grundlagenforschung im Hinblick auf atmosphärische Beobachtungen sowie auf die Erfassung des Wassergehalts von Boden oder Schnee. Praktische Einsatzmöglichkeiten sind zunächst gerätemässig nur beschränkt gegeben.

6. Organisatorische Aspekte

In den vorangegangenen beiden Kapiteln konnte eine Vielzahl von praktischen Arbeitsgebieten und ergänzenden Forschungsprojekten angeführt werden, bei denen

Methoden der Fernerkundung zur Anwendung gelangen. Genügen diese Anstrengungen tatsächlich den praktischen Bedürfnissen oder ist zu befürchten, dass für verschiedene Bereiche der Landesplanung oder des Umweltschutzes noch verschiedene Aufgaben der Grundlagenforschung vernachlässigt wurden? Beispielsweise sind trotz umfangreicher Forschung auf dem Gebiet der Landnutzungskartierung die zweckentsprechendsten Aufnahmemethoden sowie Angaben über erreichbare Genauigkeit und Aufwand noch nicht unmittelbar verfügbar. Dies zeigte sich u. a. bei den Vorbereitungsarbeiten für die Arealstatistik oder für das Landesforstinventar, wobei für beide Erhebungen das Luftbild zweifellos eine wesentliche Informationsquelle darstellen wird.

Die Grundlagenforschung sollte aber keinesfalls als Selbstzweck bestehen, sondern schliesslich einen substantiellen Teil zur Landesentwicklung leisten. Man muss sich aber bewusst sein, dass die Bedeutung einer landesweiten Erhebung und deren Wert für planerische Aufgaben immer wieder in Zweifel gezogen werden kann. So wird die beste Landnutzungskartierung planerische Entscheidungen niemals zwingend vorschreiben, sondern nur eine sehr begrenzte Entscheidungshilfe darstellen.

In den letzten Jahren wurden auch verschiedene geographische Informationssysteme aufgebaut, die erheblich an den tatsächlichen Bedürfnissen der Praxis vorbeigingen. Beispielsweise wird seit 1968 in Baden-Württemberg eine Strassendatenbank mit einem Sachaufwand (ohne Personalkosten) von 35 Millionen DM (Stand 1974) aufgebaut. In dieser Datenbank sollten nach Fertigstellung die wichtigsten bautechnischen und metrischen Merkmale der Hauptverkehrsstrassen (etwa 26 000 km) enthalten sein (vgl. 15). In seinem Bericht von 1974 rügt der Rechnungshof von Baden-Württemberg, «dass eine offizielle Darlegung von Sinn und Zielsetzung der Strassendatenbank nicht vorhanden ist» und «eine Einrichtung geschaffen wurde, bei der die Kosten in keinem auch nur annähernd vertretbaren Verhältnis zum Nutzen stehen» (16). In der Schweiz wurde 1968 begonnen, eine «Landesplanerische Datenbank» (ORL-Informationsraster) aufzubauen. Diese Datenbank umfasst eine Gemeindatei, eine Volkszählungsdatei und eine Bodennutzungsdatei. Die Bodennutzungsdatei enthält hektarweise Angaben über die vorwiegende Landnutzung entsprechend dem Informationsgehalt der Landeskarte. Die Verwendung dieser Datei blieb weit hinter den Erwartungen zurück; sie wurde 1975 dem Eidg. Statistischen Amt übergeben, eine Nachführung ist vorerst nicht vorgesehen (vgl. 17).

Diese beiden Beispiele sind Ausnahmen, und es lassen sich viele andere Datenbanken aufzählen, die wirtschaftlich arbeiten und ein echtes Bedürfnis befriedigen (z. B. in der Grundbuchvermessung). Es soll damit aber aufgezeigt werden, dass der Erfolg für eine Erhebung durch den Einsatz von Hilfsmitteln der Fernerkundung und die Verwendung der modernen Methoden der Datenverarbeitung keinesfalls sichergestellt ist. Vielmehr ist gerade in der gegenwärtigen Entwicklungsphase das Risiko für Fehlinvestitionen wegen der Komplexität der Aufnahme- und Auswertesysteme besonders gross. Die Diskussion über die Methoden der Fernerkundung darf sich

folglich keinesfalls auf die Grundlagenforschung allein beschränken, sondern muss sich vermehrt auch mit der praktischen Anwendung und im besonderen mit deren Zweckmässigkeit auseinandersetzen.

6.1 Organisation der Forschung in der Schweiz

In der Schweiz wird die Forschung auf dem Gebiet der Fernerkundung hauptsächlich von Hochschulinstituten sowie von verschiedenen Forschungsanstalten getragen. Die eidgenössischen und kantonalen Ämter wenden zwar Verfahren der Fernerkundung für ihre Aufgaben praktisch an (Eidg. Landestopographie, Eidg. Vermessungsdirektion, Delegierter für Raumplanung, Eidg. Statistisches Amt), Forschung wird dagegen von diesen Stellen nur in beschränktem Umfang selbst betrieben.

Prinzipiell hat sich diese Aufgabenteilung in vielen Bereichen sehr bewährt. Die Hochschulinstitute sind im allgemeinen frei in der Wahl der Forschungsthemen und haben auch die Möglichkeit, Forschung ohne direkte praktische Anwendung zu betreiben. Wegen des relativ häufigen Wechsels der wissenschaftlichen Mitarbeiter ist eine Kontinuität der Forschung aber nur beschränkt gegeben. Viele der Forschungsthemen werden zudem im Rahmen von Dissertationen oder Diplomarbeiten vergeben und können nach Weggang des Kandidaten nicht immer weiter verfolgt werden. Diese Arbeiten bleiben oft zwangsläufig auf einige wenige Aspekte von besonderem wissenschaftlichem Interesse beschränkt. Die bestehende Lücke zwischen den Forschungsmöglichkeiten der Hochschulen und den Forderungen des Praktikers nach ausgereiften Methoden sollte im Prinzip durch die Forschungsanstalten des Bundes und die Industrieforschung geschlossen werden. Diesen Institutionen ist es leichter möglich, langfristige Forschungsprojekte zu verfolgen.

Speziell auf dem Gebiet der Fernerkundung ist es von Nachteil, dass diese Disziplin an vielen Instituten nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt und verschiedene Fachbereiche kaum berührt werden.

6.2 Forschungstätigkeit im europäischen Rahmen

Die Aufgaben, die mit den Methoden der Fernerkundung in der Schweiz bearbeitet werden, unterscheiden sich nicht prinzipiell von Arbeiten an ausländischen Instituten. Selbstverständlich stehen auch alle Schweizer Institute in vielfältigem Kontakt mit den entsprechenden Institutionen im Ausland. Die Schweiz arbeitet innerhalb der ESA (European Space Agency) auch an den europäischen Satellitenprojekten mit. Die Fernerkundung bildet allerdings nur ein relativ kleines Teilgebiet innerhalb des europäischen Satellitenprogramms. Andere Wissensgebiete, wie z. B. technologische und biologische Untersuchungen, die Erforschung des Sonnensystems, spezielle Aufgaben der Landesvermessung sowie der Telekommunikation und der Meteorologie nehmen erheblich breiteren Raum ein. Neben der Forschungstätigkeit im Rahmen der ESA sind verschiedene schweizerische Institute auch an Forschungsprojekten der Amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde (NASA) beteiligt.

Interessant ist die Organisation der nationalen Institutionen, welche die Träger verschiedener Aufgaben und Folgeexperimente der ESA sind. (Amerikanische Insti-

tutionen sollen hier ausser Betracht bleiben, da Auftrag und finanzielle Mittel in keinem Verhältnis zu den Aufgaben und Möglichkeiten von europäischen Instituten stehen). Von den Mitgliedstaaten der ESA verfügen Frankreich und die Bundesrepublik Deutschland über die bedeutendsten Institutionen. Das englische Weltraumprogramm ist durch drastische Sparmassnahmen beträchtlich in den Hintergrund getreten.

In Frankreich haben sich das «Centre National d'Etudes Spatiales» (CNES), das «Institut Géographique National» (IGN), das «Institut Français du Pétrol» (IFP) und das «Bureau de Recherche Géologique et Minières» (BRGM) zu einer Gruppe zusammengeschlossen (Groupe de Développement de Télédétection Aérospatiale [GDTA]). Ihre Hauptaufgabe sieht die GDTA in der Entwicklung und im Einsatz von neuen elektronischen Aufnahmegeräten von Satelliten und Flugzeugen aus. Abgesehen vom CNES handelt es sich dabei um Institutionen, die bereits seit langem auf dem Gebiet der kartographischen und thematischen Kartierung mit Hilfe von Luftbildern tätig sind. Solche Kartierarbeiten werden auch heute noch zu einem grossen Teil in den ehemaligen Kolonien ausgeführt. Die Institute haben damit die Möglichkeit, die modernen Verfahren der Fernerkundung im Vergleich zu den klassischen Aufnahmefethoden zu testen und Erfahrung bei routinemässigen Einsätzen zu sammeln.

In der Bundesrepublik Deutschland werden die analogen Arbeiten in der Hauptsache von der DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) und von verschiedenen Hochschulinstituten ausgeführt. Dagegen wurden die Dienststellen für das Vermessungswesen und die topographische Kartierung kaum in diese Forschungsaufgaben einbezogen. Zur Förderung der Fernerkundung und zur Erfassung potentieller Anwendungsbereiche wurde vom Deutschen Forschungsministerium ein sog. «Flugzeugmessprogramm» aufgestellt. Im Rahmen dieses Programms wurde ein spezielles Bildflugzeug mit den modernen elektronischen und photographischen Aufnahmegeräten eingerichtet und ein Datenverarbeitungszentrum aufgebaut. Die Experimente zur praktischen Anwendung der Fernerkundung werden in der Hauptsache von Hochschulinstituten und den Instituten der DFVLR getragen. Das Versuchsprogramm wurde sehr kurzfristig zusammengestellt und hat vor allem zum Ziel, der Bundesrepublik eine aktive Mitarbeit an den europäischen Satellitenprojekten zu ermöglichen. Die Projekte wurden weitgehend entsprechend wissenschaftlichen Erwägungen ausgewählt. Neben diesen Forschungsinstituten beschäftigen sich noch verschiedene kommunale Vereinigungen und private Firmen mit den Methoden der Fernerkundung.

In England bestand auch während der Kolonialzeit praktisch nie eine so stark zentralisierte Organisation für Aufgaben der Landesaufnahmen wie in Frankreich. Vielmehr wurden in den damaligen Kolonialländern bereits sehr früh topographische Dienste eingerichtet; ausserdem wurden viele Arbeiten an private Firmen vergeben. Dadurch konnten sich in England einige grosse Vermessungsfirmen (z. B. Huntings-Survey, Faireys u. a.) entwickeln. Diese Firmen befassen sich auch mit Problemen der Lagerstättenforschung und setzen heute

dafür in zunehmendem Masse die modernen Methoden der Fernerkundung ein. Teilweise werden für solche Aufgaben bereits Satellitenbilder routinemässig hinzugezogen.

Spezielle nationale Forschungszentren, die sich mit dem Problem der Fernerkundung befassen, wurden auch von einigen kleineren europäischen Staaten eingerichtet. Beispielsweise hatte man in den Niederlanden für eine begrenzte Zeitspanne eine besondere Studiengruppe (NIWARS-Netherlands Interdepartmental Working Community for the Application of Remote Sensing Techniques) mit zahlreichen hauptamtlichen Mitarbeitern eingerichtet. (Die Gruppe hat ihre Arbeit Ende 1976 abgeschlossen.)

Die Entwicklung in den einzelnen Staaten ist sehr unterschiedlich verlaufen. Es lässt sich aber feststellen, dass sich praktische Erfolge am ehesten dort abzeichnen, wo Projekte vom Forschungsstadium bis hin zur routinemässigen Anwendung bearbeitet werden. Viele Probleme lassen sich ausserdem nur in einem Team von Spezialisten verschiedener Fachrichtungen lösen. Falls diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind, ist es kaum möglich, praktischen Nutzen aus einem Forschungsprojekt zu ziehen.

7. Schlussfolgerungen

Die Probleme auf dem Gebiet der Fernerkundung verlangen auch beträchtliche schweizerische Anstrengungen bei der Forschung und deren Nutzbarmachung für die Praxis. Dabei darf nicht übersehen werden, dass Entwicklungsarbeiten ausländischer Institute nur selten unmittelbar übernommen werden können; die besonderen Bedingungen der Schweiz verlangen vielfach noch zusätzliche Untersuchungen, bis ein Verfahren schliesslich in die Praxis eingeführt werden kann.

Es muss im gegenwärtigen Zeitpunkt dahingestellt bleiben, auf welche Weise der erforderliche Arbeitsaufwand bewältigt werden könnte. Bemerkenswert ist jedenfalls, dass sich zwischen den Bundesdienststellen und den verschiedenen Forschungsinstituten eine sehr gute Zusammenarbeit entwickelt hat, die unter vergleichbaren Bedingungen im Ausland nur selten gegeben ist. Um diese Zusammenarbeit auch bei der Fernerkundung zu sichern, wurde die «Koordinationsgruppe Fernerkundung» gegründet.

Hauptaufgabe der Gruppe ist es, die verschiedenen Anstrengungen auf diesem Gebiet innerhalb der Kompetenzen der Bundesverwaltung zu koordinieren. Eine Aufgabe, die zweifellos sehr wichtig ist, die aber trotz guten Willens der Beteiligten in der Praxis nur sehr schwer zu realisieren ist.

Zur Einleitung der Zusammenarbeit innerhalb der Koordinationsgruppe wurde zunächst die verfügbare Information über Tätigkeiten und Geräte an Schweizer Instituten zusammengetragen. Im wesentlichen wurde diese Information bisher nur gesammelt und an Interessenten weitergegeben. Im Rahmen dieser Tätigkeit konnte auch der vorliegende Bericht ausgearbeitet werden. Gleichzeitig wurde auch versucht, Bedürfnisse und neue Einsatzmöglichkeiten von Mitteln der Fernerkundung innerhalb des Aufgabenbereichs der Bundesverwaltung

zu erfassen. Das Ergebnis der entsprechenden Umfrage blieb zwangsläufig recht bescheiden; ist es doch für einen Praktiker recht schwierig, Einsatzmöglichkeiten für ein neues Messverfahren abzuschätzen, ohne über genügend Erfahrung über dessen Wirksamkeit zu verfügen. Eine effektive Koordination wurde auch bisher nur sehr beschränkt erreicht.

Ganz allgemein sollte man berücksichtigen, dass die Fernerkundung gegenwärtig noch keine einheitliche Disziplin darstellt. Vielmehr ergibt sich der Eindruck, dass Vermessungsingenieure, Geographen und Physiker noch recht verschiedene Dinge darunter verstehen, je nachdem, welche Hilfsmittel den betreffenden Berufsgruppen zur Verfügung stehen. Die Entwicklung erinnert an die Pionierzeit der Photogrammetrie; ähnlich wie damals wird sich der Vermessungs- und Kulturingenieur mit seiner Erfahrung bei der Landesaufnahme in Zukunft auch mit den modernen Methoden der Fernerkundung auseinandersetzen müssen. Dies zunächst vielleicht nur, um die Effizienz dieser Verfahren im Vergleich zu den klassischen Aufnahmemethoden zu beurteilen. Über längere Sicht wäre aber durchaus zu erwarten, dass mit Hilfe von elektronischen Registriergeräten und den Möglichkeiten der automatisierten Bildverarbeitung Aufgaben der Praxis übernommen werden können, die heute noch der Luftbildinterpretation oder örtlichen Erhebungen vorbehalten sind.

Literatur

- (1) Henderson, F.: Research versus Applications. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. XL 1974, S. 985–987.
- (2) Katz, A.: A Retrospective on Earth-Resource Surveys: Arguments about Technology. Analysis, Politics and Bureaucracy. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. XLII 1976, S. 189–199.
- (3) Hempenius, S.: Critical Review of the Status of Remote Sensing. Bildmessung und Luftbildwesen, Jg. 44, 1976, S. 29 bis 42.
- (4) Reeves, R. (Hrsg.): Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry, Falls Church 1975.
- (5) Schanda, E. (Hrsg.): Remote Sensing for Environmental Sciences, Ecological Studies 18, Berlin 1976.
- (6) Schneider, S.: Luftbild und Luftbildinterpretation, Berlin 1974.
- (7) Hirt, F. H.: Untersuchungen über die Wärmebelastung des Rheins zwischen Krefeld und Wesel. Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlebezirk, Heft 58, 1975, S. 85–98.
- (8) Itten, K.: Die Verwendung thermaler Infrarotaufnahmen bei geographischen Untersuchungen. Diss. Geogr. Inst. Univ. Zürich 1975.
- (9) Hirt, F. H.: Die Darstellung der Grossstadtlandschaft Ruhrgebiet im Wärmebild. Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlebezirk, Heft 58, 1975, S. 123–132.
- (10) Pease, R.: Energy Balance Maps from Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering, Vol. XLII, 1976, S. 1367–1374.
- (11) Crandall, C.: Radar Mapping in Panama. Photogrammetric Engineering, Vol. XXXV, 1969, S. 641–646.
- (12) Albertz, J.: Über den gegenwärtigen Stand der Fernerkundung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik; Mitteilungsblatt 10-1975, S. 219–221.
- (13) Haugen, R. K., McKim, H. L., Marlar, T. L.: Remote sensing of land use and water quality relationships – Wisconsin shore, Lake Michigan. CRREL Report 76-30, Cold

Regions Research and Engineering Laboratory, Hannover, New Hampshire 1976.

- (14) Lorenz, D.: Untersuchungen zum Verhalten nächtlicher Kaltluftflüsse am Taunus unter Verwendung von Wärmebildern. Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchungen in der Region Untermain. 3. Arbeitsbericht, Regionale Planungsgemeinschaft Untermain, Frankfurt/Main 1972, S. 23–51.
- (15) Schneider, H.: Einsatz der Luftbildmessung beim Aufbau einer Strassendatenbank. Bildmessung und Luftbildwesen, Jg. 38, 1970, S. 69–75.

(16) Denkschrift zur Landeshaushaltsrechnung von Baden-Württemberg für das Haushaltsjahr 1974. Hrsg. vom Rechnungshof Baden-Württemberg, S. 48–50.

(17) Trachsler, H., Elsasser, H.: Zur Bedeutung von Landnutzungskartierungen für die Raumplanung. DISP 43, S. 13–16. Hrsg. vom ORL-Institut ETHZ 1976.

Adresse des Verfassers:

Dr. O. Kölbl, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

Vermessungen für den Strassentunnel am Walensee

E. Berchtold

Résumé

Le tronçon bien connu de l'autoroute N3 au bord du Lac de Walenstadt sera d'ici quelques années complété par une chaussée additionnelle. Un tunnel d'une longueur d'environ six kilomètres sera ajouté à la section glaronaise déjà terminée.

La première tâche pour la mensuration du tunnel était de vérifier l'ancienne triangulation, exécutée il y a 50 ans et située dans un terrain très défavorable à l'établissement d'un réseau rigide. Il fallait donc s'attendre à des imperfections. Le nouveau calcul révéla en effet des erreurs planimétriques de l'ordre de 20 cm dans l'ancien réseau.

Malgré ces conditions topographiques extrêmement difficiles, les méthodes modernes de mesure électronique des distances permirent d'établir un réseau suffisamment surdéterminé en les combinant avec des mesures d'angles. Les angles furent observés avec les théodolites T2 et T3, les distances avec un Distomate DI3S, assisté par un Géodimètre 8 pour les distances au delà de 2700 m.

Un écart type de $\pm 5,4$ mm fut obtenu pour les distances (huit fois répétées) de 30 à 2700 mètres. Le Service Topographique Fédéral se chargea de la compensation en bloc de l'ensemble du réseau. La grande semi-axe de l'ellipse d'erreur ne dépassa nulle part 20 mm.

Il fut donc possible d'obtenir sous des conditions peu favorables des résultats très satisfaisants en utilisant une technique moderne et des moyens qui sont disponibles à de nombreux bureaux de géomètres privés.

Für den Ausbau der Nationalstrasse N3 hat der Kanton Glarus die Aufgabe, die dritte und vierte Spur längs des Walensees über eine Strecke von etwa sechs Kilometern in einen Tunnel zu verlegen. Von der Vermessung wird verlangt, dass sie die Grundlagen für eine zuverlässige Tunnelabsteckung liefere.

Zunächst war die bestehende fünfzigjährige Triangulation zu überprüfen. Das Gelände bildet ein tiefeingeschnittenes V-Tal, das vom Wasser des Walensees teilweise aufgefüllt ist. Auf der südlichen Talseite formen

waldgesäumte Schluchten einzelne Gewanne, zwischen denen in der Regel keine Sichtverbindung besteht. Sie konnten daher früher nur durch Winkelmessungen von der gegenüberliegenden Seeseite her miteinander verbunden werden. Auf dieser nördlichen Talseite mit ihrer steil aufragenden Flanke bis zu den Churfürsten sind aber sicher Lotstörungen zu befürchten. Unter diesen Umständen konnte die reine Winkelmessung die heute geforderte Genauigkeit nicht ergeben. Auch waren die damaligen Rechenhilfsmittel für die Ausgleichung eines solchen Netzes (meist verschränkte Vierecke, nur wenige Dreiecke) nicht ganz ausreichend.

Ein 1973 gemessener Polygonzug hoher Genauigkeit von der Kantongrenze Glarus/St. Gallen bis in die Gegend von Walenstadt deckte in der alten Walenseetriangulation Lagefehler bis zu zwei Dezimetern auf. Untersuchungen zeigten, dass diese nicht auf Rutschungen, sondern eben auf Unzulänglichkeiten der damals verfügbaren Mittel zurückzuführen sind. Angesichts der geschilderten Situation kam für die gestellte Aufgabe nur die Messung und Berechnung eines neuen Netzes in Frage. Da sich die alten Triangulationspunkte bereits auf den besten Beobachtungsposten befinden, wurden die Neupunkte auf solche verlegt. Dank der Möglichkeit, heute elektronische Distanzmessgeräte einsetzen zu können, wählten wir ein Triangulations-Trilaterationsnetz, das dank der vielen Überbestimmungen eine ausreichende Genauigkeit erwarten liess (Abbildung). Das Netz enthält 11 Hauptstationspunkte und 3 nicht stationierte Zielpunkte, die mit bestehenden Punkten identisch sind, sowie 15 neue Detailpunkte für die örtliche Absteckung des Tunnels. Bei einem Punkt war ein Exzentrum nötig, so dass insgesamt 30 Punkte zu bestimmen waren.

Die Winkel wurden je nach Distanz mit den Theodoliten T2 oder T3 beobachtet. Distanzen bis zu 2,7 km wurden mit dem WILD-Distomat DI3S und die sieben längeren bis 4,5 km durch Herrn Dipl. Ing. W. Fischer von der ETH Zürich mit dem Geodimeter 8 gemessen, den in verdankenswerter Weise das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich zur Verfügung stellte. Soweit die Distanz mit dem Distomat DI3S gemessen